中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）46(3)：241～248（1997）

一年生大芻草與玉米雜交後裔之分蘗性及地上部鮮重之研究[1]

謝光照　何千里　盧煌勝[2]

摘要：本研究以一年生大芻草 TeA（*Euchlaena mexicana,* 2n=20）與玉米（*Zea mays,* 2n=20）自交系 Pi330、B77 之雜交後裔為材料，探討分蘗性及地上部鮮重之變化。結果顯示，一年生大芻草之分蘗數隨著生育日數之增長而增加，出土後60天可達最高峰；同時可看出在不同程度異質結合世代中，當玉米遺傳質比例增加時，其分蘗數呈現明顯的減少現象。TeA 與 BC_1 一般具有較高比例之二次分蘗，其餘雜種世代不具二次分蘗或極低。F_1 雜種在單株地上部鮮重上具有明顯之雜種優勢，可直接用於青刈牧草之生產。

關鍵詞：一年生大芻草、玉米、分蘗性、雜種優勢。

前　言

青割用飼料作物中，有一種原產於南美洲一年生大芻草（*Euchlaena mexicana,*2n=20），為玉米之近緣種，分蘗多（20左右），在春作播種，於營養生長早期青割，植株有再生能力，可收穫四次左右[2]；其生長習性類似雜草或半野生雜草，具有強健的生育特性，直立，多分蘗，植株高大，莖稈粗壯，葉片寬大，雄穗花序大且分枝多，具有短日性，必須在13小時的短日下經30天才開花[4]，無越冬能力。大芻草因其分蘗頗多，且刈割後能再生，故為一重要青刈型牧草。而一般栽培之玉米大都不具有分蘗性，且於營養生長期收割後，再生能力極弱。玉米與一年生大芻草（*E. mexicana.*）可雜交，其 F_1 雜交種之花粉可稔率在72.4%[1]，且 F_1 雜種在乾重上具有明顯之雜種優勢[3]。本試驗目的係利用玉米自交系與一年生大芻草雜交之後代，探討大芻草分蘗性及鮮草產量之表現，以便作為玉米與一年生大芻草間雜交育種之參考。

材料與方法

本試驗以玉米自交系 B77 與 Pi330，一年生大芻草 TeA（*E. mexicana,* 2n=20），與其雜交組合之後代 F_1、F_2、BC_1 及 BC_2 為材料。B77 分離自 W. L. Brown Pioneer 2-ear Composite，屬早熟馬齒種；Pi330 係由 Pioneer 6875 分離而來之自交系，屬中早熟之硬粒種。B77 及Pi330 兩者均不具有分蘗性及再生力。玉米與一年生大芻草 TeA 之雜交種子，在秋作以盆栽於溫室隔離情況下，分三年完成各世代雜交種子之生產，第一年繁殖 TeA；第二年以玉米為母本，TeA 為父本，生產 F_1 世代；第三年以 F_1 為父本，P_1、P_2 為母本生產 F_2、BC_1 及 BC_2。每個組合之親本為配合花期分三批種植，每批間隔 7 天，每次逢機種子各種10盆，每盆留 2 株，母本人工去雄後，以

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1908 號。
2. 本所農藝系助理研究員、助理研究員及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

父本之花粉利用自然及人工補助授粉方式來完成雜交種子之生產。完成之各世代雜交種子在1993年 1 月 3 日播種於農試所試驗田，田間採逢機完全區集設計，二重複，每重複之 P_1、P_2、F_1 世代各種 5 行；BC_1 及 BC_2 世代各種 7 行；F_2 世代種12行，行長 6 m，行株距爲75×30cm，兩粒播，出土二週後間苗，每穴僅留一株。基肥以臺肥39號複合肥料（N：P_2O_5：K_2O＝12：18：12）每公頃 500kg，於播種前施入播種溝內，澆水後再播種。追肥於播種後45天，以硫酸銨（N＝21%）每公頃施450 kg。生育期間視田間乾燥情形進行灌水。生育期間每小區之 P_1，P_2 與 F_1 世代各調查50株，BC_1 與 BC_2 各調查80株，F_2 世代則調查150株。所調查的性狀包括分蘖數，二次分蘗率、再生率及單株鮮重。各項性狀之調查方法如下：

一、分蘗數（tiller number）：分別於出土後40、50、60及70天時，調查單株之分蘗數，以 No./plant 爲單位。

二、二次分蘗率（percent of second tillering from main tiller）：於出土後70天調查單株上各主要分蘗芽上之第二分蘗芽數，以百分率爲單位。

三、再生率（ratoon ability）：於青割後 3 週調查各世代有再生芽之株數，以百分率爲單位。

四、單株鮮重（fresh weight per plant）：於出土後80天，由土表處割取，稱其鮮重以 g 表示。

所得之數據先進行變方分析，以平均值及變域性比較，並列出頻度分佈圖。

結果與討論

一年生大芻草 TeA（*Euchlaena mexicana,* 2n＝20），爲一種具有多分蘗性之一年生牧草，植株高大強健，可作爲抗病蟲及分蘗性等特性轉移之種質，生長習性類似雜草或半野生雜草，與玉米在植株外型上相類似[6]。本研究以玉米自交系 B77 及 Pi330 分別與一年生大芻草雜交及回交，形成六種不同的遺傳質比例之世代。在田間試驗觀察的結果，一般可以看出：一年生大芻草 TeA 初期生長緩慢，分蘗數極多，與 Emerson [4] 之結果相符，且在春作不會開花與吐絲。B77 與 Pi330 玉米自交系早期生長較快，葉片較大，植株較粗壯，不具有分蘗性。B77×TeA 與 Pi330×TeA 之 F_1 植株較親本長得高，顯示株高之表現具有明顯的雜種優勢，開花與吐絲較爲整齊，F_1 植株一般具有2～6個分蘗芽且有許多可結雌穗之節位。TeA×(TeA×B77)，TeA×(TeA×Pi330) 的 BC_1 世代外型較類似大芻草，葉片較直立，具有許多分蘗芽。B77×(TeA×B77) 與Pi330×(TeA×Pi330) 之 BC_2 世代植株及果穗外觀較似玉米，分蘗數少，有2～3節位有雌穗。TeA×B77 與 TeA×Pi330 之 F_2 世代有各種不同外表型的分離，性狀變異極大。

應用自交作物的世代平均法，可獲知性狀之遺傳訊息，而其前提則 P_1、P_1 兩親本須爲同型結合體，分別具有較大及較小之表現值，其 P_1、P_2 爲100%同型結合體之同質族群；F_1 爲異質結合體之同質族群，其基因組（genome）來自父、母本各佔50%。F_2 世代爲同質與異質結合體各佔一半之異質族群所構成，具有最大之遺傳變異；BC_1 世代之基因型遺傳質75%來自 P_1 親本，爲同質與異質結合體混合所構成之異質族群；BC_2 世代各基因型的遺傳質75%來自 P_2 親本，爲同質與異質結合體混合組成之異質族群，因此，性狀變異的大小趨勢呈現 F_2>BC_1 或BC_2>P_1 或 P_2 或 F_1。大芻草爲異交作物，有關其分蘗性及地上部鮮重之遺傳行爲及族群基因頻度之結構尙無文獻可供參考。在沒有大芻草純質自交系的情況下，爲瞭解其遺傳行爲，乃仿自交作物之世代平均值法，進行大芻草與玉米雜交，欲藉由其後裔之表現趨勢探知其對育種行爲之影響。本試驗使用之大芻草 TeA 爲同型結合體與異型結合體所構成複雜之異質族群，因此，其雜交的 F_1 世代仍爲同型結合體與異型結合體混合之異質族群，與自交作物之 F_2、BC_1 或 BC_2 世代之異質族群之構造相類似，所以其 P_1、F_1 較 P_2 世代在分蘗性乃具有較大的變異存在。

當作青刈型牧草，一般於營養生長早期青刈，故其初期生長速率及分蘗數的多寡直接影響到產量

，同時青割後再生力的強弱對牧草的利用價值更有絕對的影響。謀[2]的結果顯示利用玉米與大芻草回交的方法可有效改良一年生大芻草之初期生長速度及分櫱數。本試驗之結果，顯示在不同生育時期各種世代之分櫱數有極顯著之差異（表1）。在TeA×Pi330 的組合，除 BC_2 外，一般隨著生育日數的增長，其分櫱數在出土後60天達到最大值，至70天並無再增加；而在同一生育期內，以 TeA 具有最多的分櫱數，然後依序爲 BC_1、F_1、F_2、BC_2，而 Pi330 則沒有分櫱芽出現。在 TeA×B77 的組合中，出土後40～50天之間的分櫱數則以 BC_1 最多，然後依序爲 P_1、F_1、F_2 與 BC_2，B77 同樣沒有分櫱芽出現；而生長至出土後60天～70天時，則以 TeA 之分櫱數較多，其次依 BC_1、F_1、F_2、BC_2 遞減，B77 同樣沒有分櫱芽。在這兩個組合中，可看出 F_1、F_2 及 BC_2 世代一般在出土後50天內其分櫱芽數即已達最大，而 TeA 及 BC_1 則於60天時可達最大分櫱芽數（分別爲 9.2 與 8.05及5.36與7.51），此結果與徐[1]在 6 月播種之結果稍有不同，可能因本試驗是在 1 月 3 日播種，正值冬季低溫，初期生長較緩慢，故達最大分櫱芽數所須之時間較長；且生長初期低溫影響其分櫱芽之產生，故其單株分櫱芽數也較少[5]。又由表 1 也可看出雜種後裔分櫱數，因雜交玉米自交系 B77、Pi330 之不同而有差異。在 TeA×B77 之各種雜種世代均比 TeA×Pi330 具有較多的分櫱數，顯示不同的玉米遺傳質對大芻草分櫱數的表現也有所影響。

由出土後60天達到最高之分櫱數之分布頻度，也可看年不同組合間之表現也有所不同。TeA×Pi330 之六個不同世代之結果如圖 1 所示，TeA 之分櫱數介於3～18之間，平均值爲9.2，CV 値爲6.0，呈現平峰之分布；而 Pi330 則完全沒有分櫱芽；F_1 組合變域範圍介於0～8，平均爲2.76個分櫱芽，CV 値爲8.2，其中以 3 個分櫱芽者佔最大比例；F_2 世代則呈現非對稱分布情形，以分櫱數較少者（0～3）佔有85%之比例，變域介於0～7之間，平均値爲1.9，CV 値爲14.4；BC_1 世代分櫱數之變域介於0～14，平均値爲5.36，CV 値爲4.4，其中以2～5個分櫱芽者佔較高的比例；BC_2 世代分櫱數之變域介於0～4之間，其平均値爲0.72，CV 値爲3.05。

TeA×B77 組合在出土後60天不同世代之分櫱數之頻度分布，如圖 2 所示。TeA 之分櫱數之變域範圍介於1～20之間，平均數爲8.05，CV 値爲6.1；B77 完全不具有分櫱芽；F_1 世代分櫱數之變域介於0～8間，以 3 個分櫱芽之個體佔有最大之百分比，平均爲3.87個分櫱芽，CV 値爲 3 ，呈現偏歪之分布；F_2 世代之分櫱數變域介於0～8間，以2～3個分櫱芽佔78%左右，平均分櫱數爲2.58個，CV 値爲7.6；BC_1 世代之分櫱數變域介於1～20，以較少分櫱芽者佔有較大的百分比，平均分櫱數爲7.50個，而 CV 値爲16.4；BC_2 世代之分櫱芽變域介於0～6，以0～2個分櫱芽之個體約佔有88%左右，平均值爲1.28個，CV 値爲7.6。綜觀上述兩個不同之組合中，TeA 均呈現具有較多的分櫱數，不同雜種後裔隨著玉米遺傳質所佔百分比的增加，其分櫱芽數呈現遞減現象，同時族群之變域範圍也變窄，顯然係由於玉米帶有不利於分櫱芽產生之遺傳基因所致。

徐[1]由根尖細胞觀察之結果，顯示在玉米與一年生大芻草染色體末端部分各有其異質區，可用來初步鑑別染色體之來源親本，另由染色體的配對，發現親本配對以10個二價體之分離頻度最高，雜交種染色體之配對也以10個二價體爲多，其次爲9Ⅱ＋2Ⅰ，亦有少數染色體橋出現。而由花粉觀察，發現雜交種之花粉可染率比親本低，可能係由於兩親之間染色體已分化，僅大部分同源，因此，染色體配對與分離時，產生不等分離及染色體橋等現象。本試驗之結果，發現玉米與二倍體一年生大芻草之 F_2 世代中，不論是 TeA×Pi330 或 TeA×B77 組合，均呈現偏向較少分櫱芽之偏歪分布，顯然與種間染色體的異質性有密切關係，因此影響其逢機分離行爲所致。

本試驗種植於1993年 1 月 3 日，於1993年 1 月12日出土，待其生長至出土後70天調查二次分櫱產生之變異，結果發現 TeA×Pi330 及 TeA×B77 兩個組合，均以親本 TeA 具有最大的二次分櫱率，其次爲 BC_1 世代，其餘世代則無二次分櫱或僅極低比例。於出土後80天進行刈割，並於青刈後 3 週調查再生率，結果呈現幾乎無再生現象，此結果與謀[2]之結果稍有不同，推測可能係在出土後80

表 1. 四個不同生育時期之平均分蘗數及其變異範圍 (No./plant)

Table 1. Mean and range of tiller number for teosinte, maize and their progenies at four growth stages.

Generation	Days after emergence							
	40		50		60		70	
	$\bar{x}$±SE	Range	$\bar{x}$±SE	Range	$\bar{x}$±SE	Range	$\bar{x}$±SE	Range
	TeA×Pi330							
P_1	3.58±0.65	9~0	4.68±0.40	10~1	9.20±0.55	18~3	8.42±1.58	18~2
P_2	0 ±0	0~0	0 ±0	0~0	0 ±0	0~0	0 ±0	0~0
F_1	2.34±0.28	6~0	2.48±0.11	6~0	2.76±0.23	7~0	2.74±0.21	7~0
F_2	1.71±0.21	6~0	1.85±0.23	6~0	1.90±0.27	8~0	1.90±0.27	9~0
BC_1	3.42±0.29	9~0	3.97±0.13	9~0	5.36±0.24	14~0	4.93±0.88	15~0
BC_2	0.87±0.28	4~0	0.81±0.25	4~0	0.72±0.22	4~0	0.91±0.02	4~0
$LSD_{(0.05)}$	0.80	—	0.47	—	0.82	—	0.79	—
	TeA×B77							
P_1	4.00±0.09	10~0	5.10±0.26	12~0	8.05±0.50	20~1	8.63±0.10	20~1
P_2	0 ±0	0~0	0 ±0	0~0	0 ±0	0~0	0 ±0	0~0
F_1	3.56±0.31	7~0	3.79±0.13	7~0	3.78±0.11	7~0	3.78±0.11	7~0
F_2	2.41±0.22	8~0	2.61±0.13	9~0	2.58±0.20	8~0	2.58±0.20	8~0
BC_1	5.41±1.16	16~0	6.50±1.42	17~1	7.51±1.23	20~1	7.83±0.68	22~1
BC_2	1.28±0.12	6~0	1.32±0.05	6~0	1.28±0.10	6~0	1.27±0.11	6~0
$LSD_{(0.05)}$	1.36	—	1.37	—	1.39	—	0.82	—

表 2. 出土後80天之單株地上部鮮重(g)及其變異範圍

Table 2. Mean and range of above ground fresh weight(g) at eighty days after emergence.

Generation	$\bar{x}$±SE	Range
	TeA×Pi330	
P_1	1,071.4±100.8	2,430~210
P_2	628.9± 35.8	1,890~210
F_1	1,262.9± 51.1	2,980~260
F_2	956.3±116.7	2,700~160
BC_1	1,151.2± 86.0	2,650~150
BC_2	857.7± 76.1	1,930~120
$LSD_{(0.05)}$	211.3	—
	TeA×B77	
P_1	1,040.7± 93.5	2,450~220
P_2	620.0± 32.6	1,120~220
F_1	1,217.6± 35.1	3,870~250
F_2	990.5±111.3	3,800~160
BC_1	1,469.6± 79.2	3,600~100
BC_2	908.1± 74.7	2,220~140
$LSD_{(0.05)}$	221.7	—

天青刈，此時大芻草莖稈老化加上留樁太短，以致於無法產生再生芽所致。

一年生大芻草 TeA 要當作青刈型牧草，除了分櫱數、再生力要強外，乾草產量也極爲重要。謝與盧[3]結果顯示，一年生大芻草 TeA 與玉米自交系 B77 之 F_1 雜交種在乾物重具有明顯之雜種優勢存在。本試驗顯示不論是 TeA×Pi330 或 TeA×B77 組合，在出土後80天之平均單株鮮重，以 F_1 及 BC_1 具有較大的單株鮮重，其次爲 TeA，再次爲 F_2 及 BC_2，最低者爲玉米自交系。由其變域範圍可知在 F_1、F_2 及 BC_1 後代中存在著比 TeA 具有較大單株鮮重之植株（表2），因此可利用 F_1 地上部鮮重具有明顯之雜種優勢於青刈牧草之生產。另一方面利用輪迴選種法來改良一年生大芻草之分櫱數與單株鮮重，以提昇其利用價值，也是值得進一步探討的途徑之一。

引用文獻

1. 徐麗雲。1988。玉米、大芻草及其雜交種農藝性狀與細胞遺傳學之研究。中華農學會報　新141：19—31。
2. 諶貽訓。1976。大芻草改良試驗。畜產研究19：131—134。
3. 謝光照、盧煌勝。1995。玉米、大芻草及其雜交種之分櫱性、再生能力與一些重要農藝性狀之研究。中華農業研究 44：93—100。
4. Emerson, R. A. 1924. Control of flowering in teosinte. J. Hered. 15：41—48.
5. Smith, J. S. C., M. M. Goodman, and R. N. Lester. 1981. Variation within teosinte. I. Numerical analysis of morphological data. Econ. Bot. 35：187—203.
6. Wilkes, H. G. 1967. Teosinte: the closest relative of maize. Bussey Inst., Harvard Univ., Cambridge, MA.

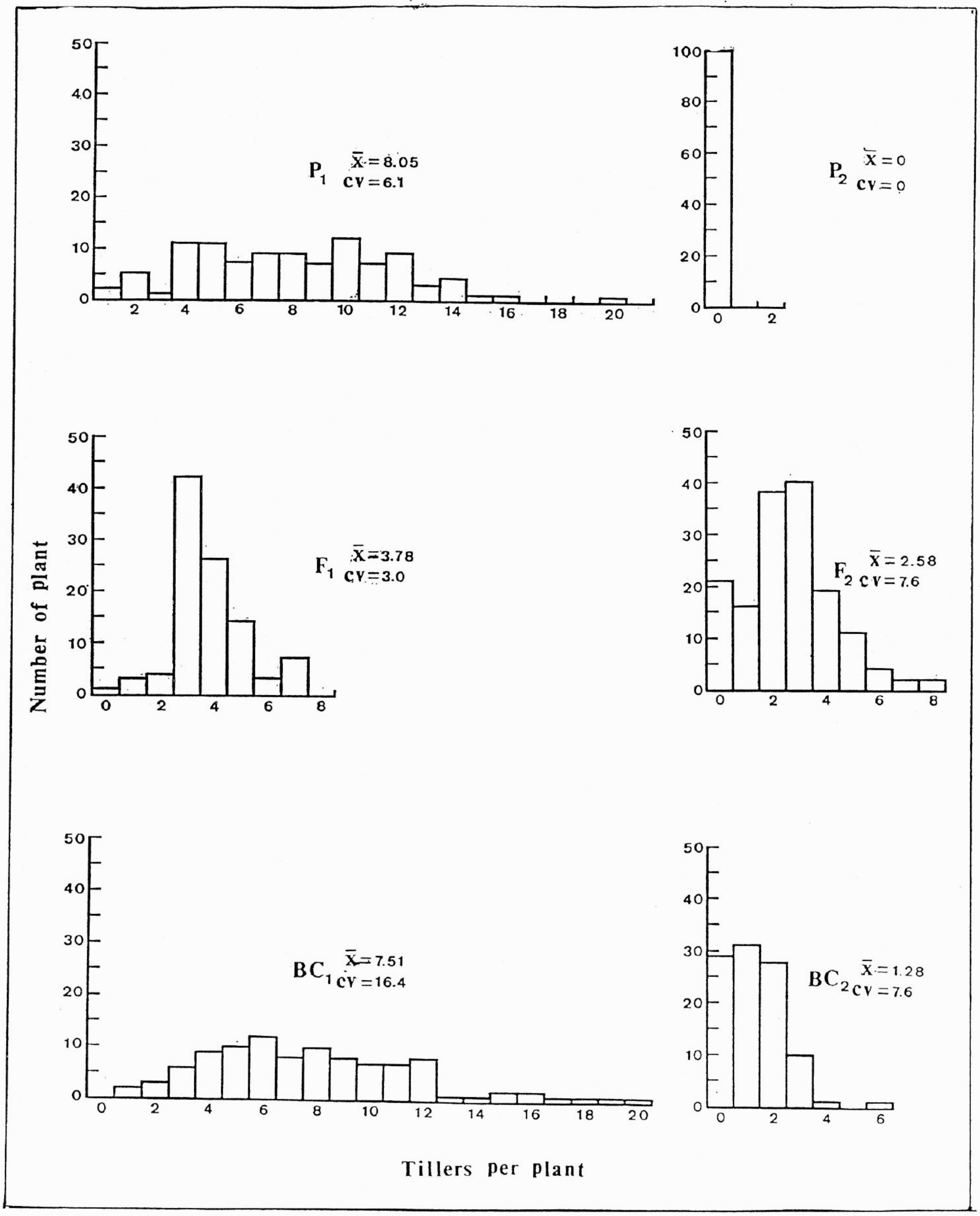

圖 1. 出土後60天 TeA×Pi330 各不同世代分蘗數之頻度分布

Fig. 1. The frequence of distribution of tiller number at sixty days after emergence of TeA, Pi330 and their progenies.

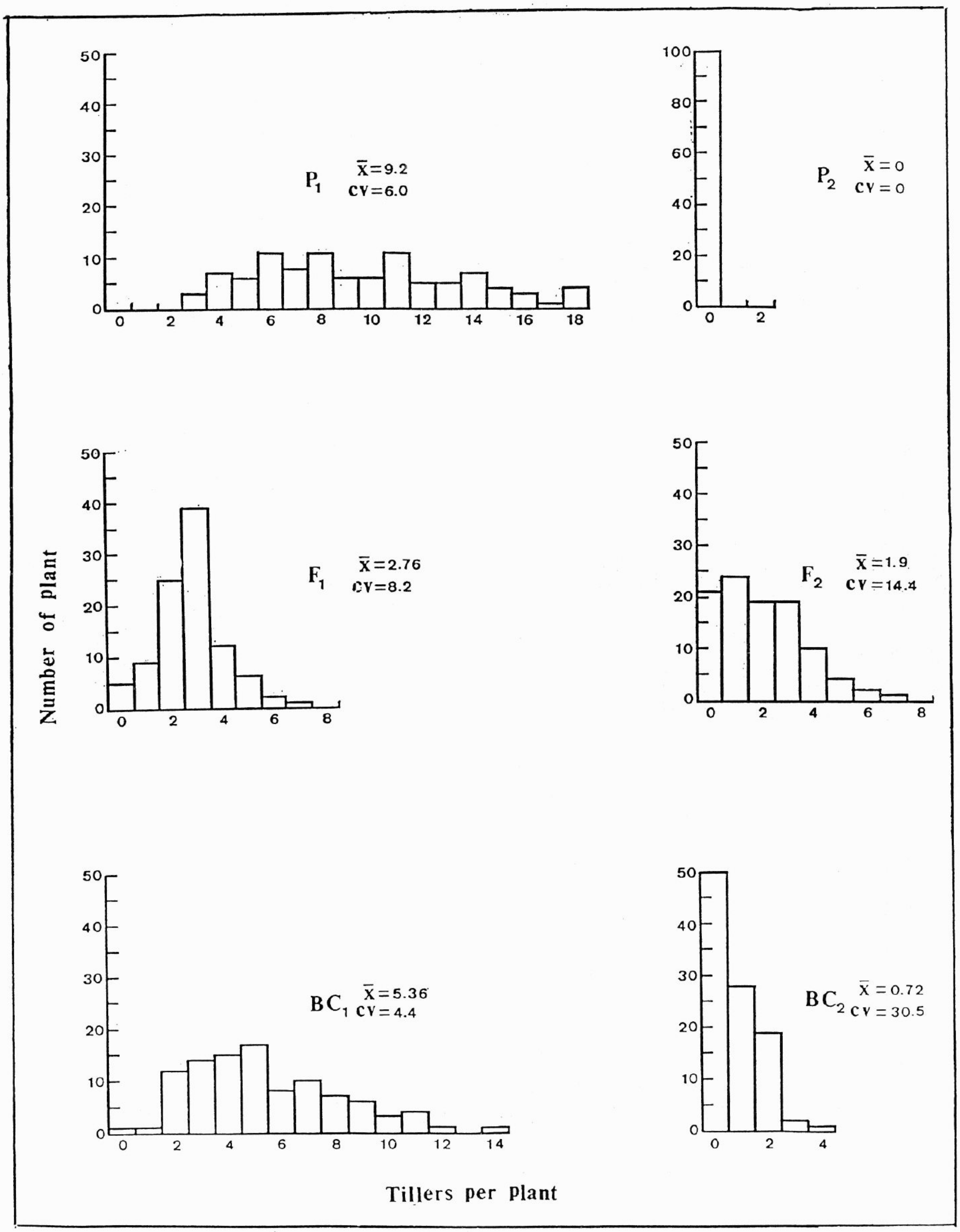

圖 2. 出土後60天 TeA×B77 各不同世代分蘗數之頻度分布

Fig. 2. The frequence of distribution of tiller number at sixty days after emergence of TeA, B77 and their progenies.

4673-4

Studies on the Tillering Behavior and Above Ground Fresh Weight of Maize and Annual Diploid Teosinte and Their Progenies[1]

Guang-Jauh Shieh, Chan-Lee Ho and Hung-Shung Lu[2]

Summary

Annual diploid teosinte TeA (*Euchlaena mexicana*, 2n=20), maize inbred lines B77, Pi330 (*Zea mays*, 2n=20) and their progenies were used to investigate their tillering behavior and above ground fresh weight. The results are summarized as follows: Tiller number of TeA increased following by growth stage, and arrived maximum at sixty days after emergence. TeA and BC_1 had more second tillering from main tiller at the seventy days after emergence. As the proportion of maize germplasm increased, then the tiller number decreased in their progenies. F_1 hybrids of maize and TeA had heterosis in above ground fresh weight, and can be directly used as forage production.

Key words : Annual diploid teosinte, Maize, Tillering, Heterosis.

1. Contribution No. 1908 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Assistant Agronomist, Assistant Agronomist and Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.